

УДК 519.876.5

Мальцев Антон Максимович<sup>1</sup> – студент ФГБОУ ВО ВГУВТ,  
e-mail: [8312mail@gmail.com](mailto:8312mail@gmail.com)

Крит Андрей Александрович<sup>1</sup> - студент ФГБОУ ВО ВГУВТ,  
e-mail: [qgc89092850880@gmail.com](mailto:qgc89092850880@gmail.com)

Гордяскина Татьяна Вячеславовна<sup>1</sup> – доцент кафедры радиоэлектроники ФГБОУ ВО ВГУВТ,  
e-mail: [klimt@yandex.ru](mailto:klimt@yandex.ru)

<sup>1</sup>Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ БЛОКОВ АНАЛОГОВОГО РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО КАНАЛА СВЯЗИ В ПРОГРАММНОМ ПАКЕТЕ MULTISIM

*Аннотация.* В работе исследуется модель оборудования аналогового радиотехнического канала связи, обеспечивающего процесс создания, передачи и приема однотонового амплитудно-модулированного сигнала в программном пакете Multisim.

*Ключевые слова:* радиотехнический канал связи, управляющий сигнал, амплитудно-модулированный сигнал, модулятор, детектор.

В соответствии с Федеральным Государственным образовательным стандартом специальности 25.05.03 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования» выпускники должны генерировать идеи и решать задачи по созданию теоретических моделей, позволяющих исследовать свойства объектов профессиональной деятельности. Одним из таких объектов является оборудование радиотехнического канала связи. [1] Основой для функционирования такого канала является приемное и передающее устройства, поэтому изучение их структуры и принципов функционирования является важной и актуальной задачей. В данной работе рассматривается процесс формирования и передачи однотонового амплитудно-модулированного (АМ) радиосигнала на передающей стороне канала связи, а также его последующий прием и детектирование в приемнике. [2]

Рассмотрим общую схему радиотехнического канала связи (рис. 1)



Рисунок 1 - Структурная схема радиотехнического канала связи

Более детальное и наглядное изучение процессов, протекающих в оборудовании канала связи возможно при проведении компьютерного моделирования в программном пакете Multisim. Схема оборудования канала связи приведена на рисунке 2.

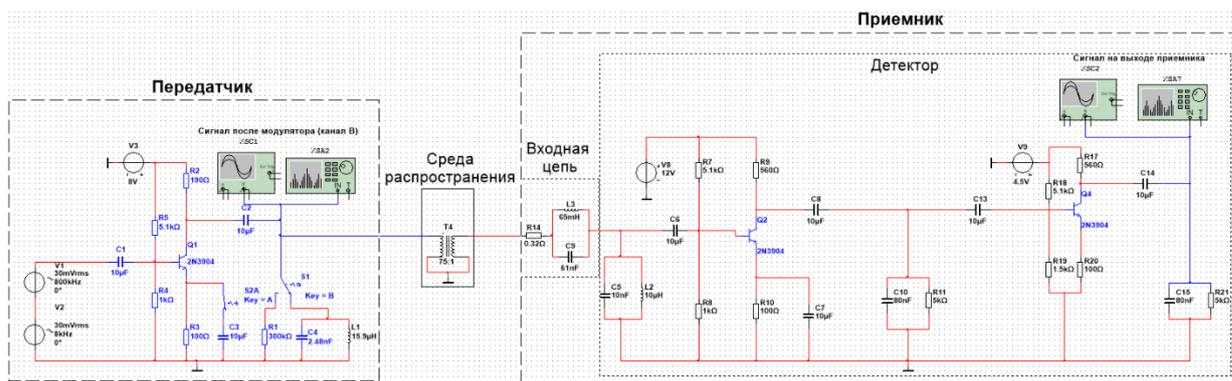


Рисунок 2 – Схема радиотехнического канала связи в Multisim

Приведем основные элементы схемы.

– Передающее устройство состоит из задающего генератора и амплитудного модулятора, совмещенного с усилителем мощности. Антенно-фидерное устройство, излучающее сигнал в среду распространения, выполнено в схеме в виде проводника, подающего сигнал на понижающий трансформатор. Передаваемый низкочастотный управляющий сигнал выбран гармоническим, что позволяет упростить расчеты и сохранить суть основных преобразований сигнала в канале связи.

– Среда распространения радиосигнала моделируется трансформатором, ослабляющим сигнал с передающего устройства (в модели ослабление в 75 раз).

– Приемное устройство содержит входную частотно-избирательную цепь, блок усилителя мощности, совмещенный с детектором (демодулятором).

Модели преобразуемых сигналов исследуются с помощью контрольно-измерительной аппаратуры – осциллографа и анализатора спектра на входах и выходах блоков оборудования.

Рассмотрим пример функционирования оборудования аналогового радиотехнического канала связи, задав параметры сигнала на передающей стороне, исходя из условия узкополосности спектра АМ-сигнала ( $f_{\text{упр}}/f_{\text{нес}} < 0.1$ ): частота несущего колебания ( $f_{\text{нес}} = 800$  кГц), частота управляющего колебания ( $f_{\text{упр}} = 8$  кГц).

Осциллограмма и спектр управляющего сигнала приведены на рисунке 3.

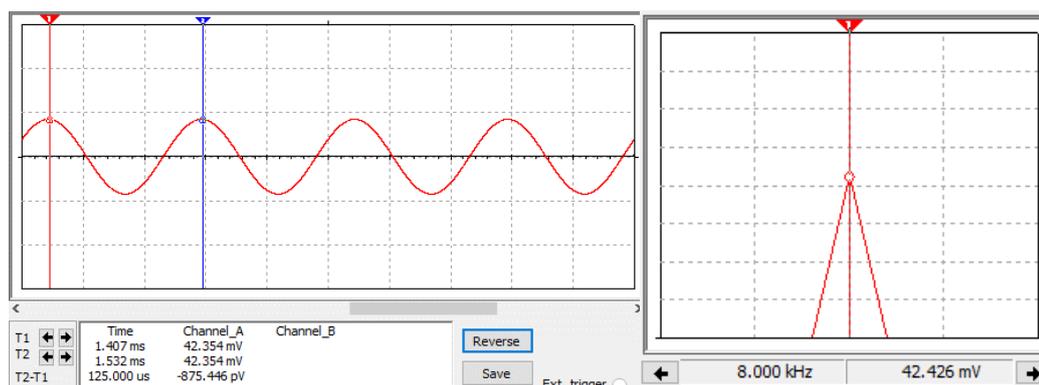


Рисунок 3 – Осциллограмма и спектр управляющего сигнала

Осциллограмма и спектр на входе амплитудного модулятора, выполненного на биполярном транзисторе, включенного по схеме с общим эмиттером, что обеспечивает максимальный коэффициент усиления, приведены на рисунке 4.

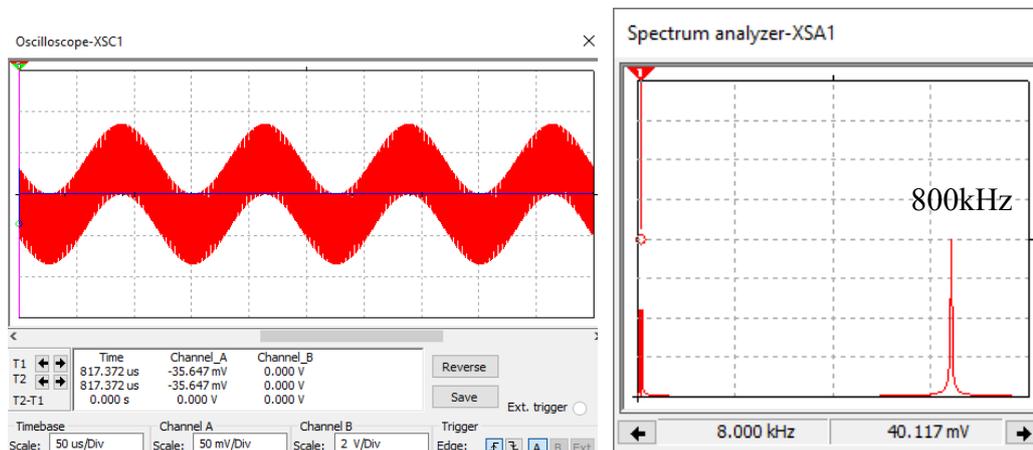


Рисунок 4 - Осциллограмма и спектр на входе модулятора

Выходным блоком модулятора является колебательный контур (полосовой фильтр), настроенный в резонанс с частотой несущего колебания и имеющий полосу пропускания, равную ширине спектра амплитудно-модулированного сигнала. Осциллограмма и спектр приведены на рисунке 5. [2]

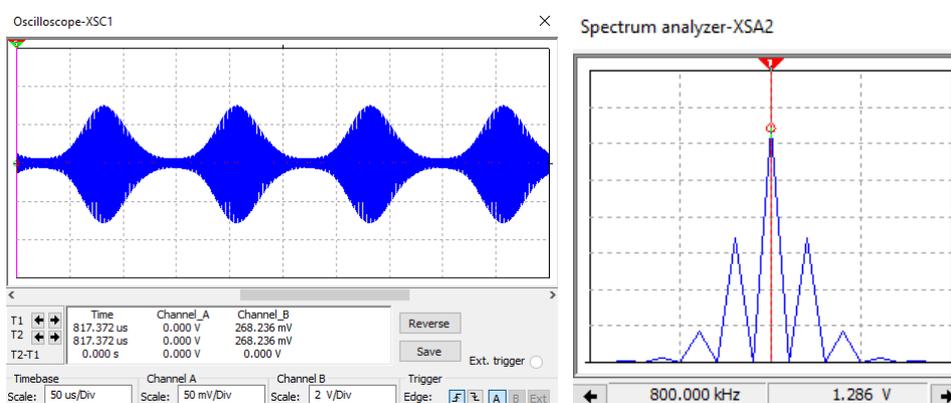


Рисунок 5 - Осциллограмма и спектр сигнала на выходе модулятора

С выхода модулятора сигнал поступает в среду распространения, где ослабляется (в модели эмулируется ослабление в 75 раз) в процессе распространения к приемному устройству. Осциллограмма и спектр на входе приемника приведены на рисунке 6.

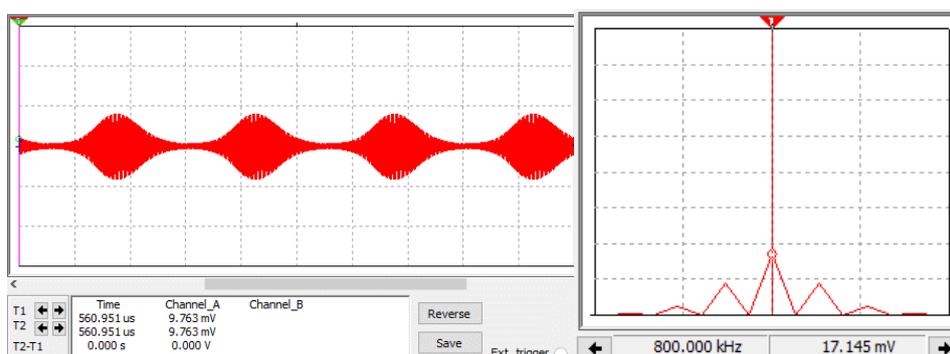


Рисунок 6 - Осциллограмма и спектр сигнала на входе приемного устройства

Входной цепью приемника происходит выделение поступившего АМ-сигнала с помощью полосового фильтра – LC-контура, настроенного в резонанс на несущую частоту АМ-сигнала. После фильтрации в детекторе, выполненном на биполярном транзисторе, проводится усиление и выделение с помощью фильтра низкой частоты (RC-цепи) полезного управляющего сигнала. Осциллограмма и спектр сигнала на выходе детектора приведены на рисунке 7. [3]

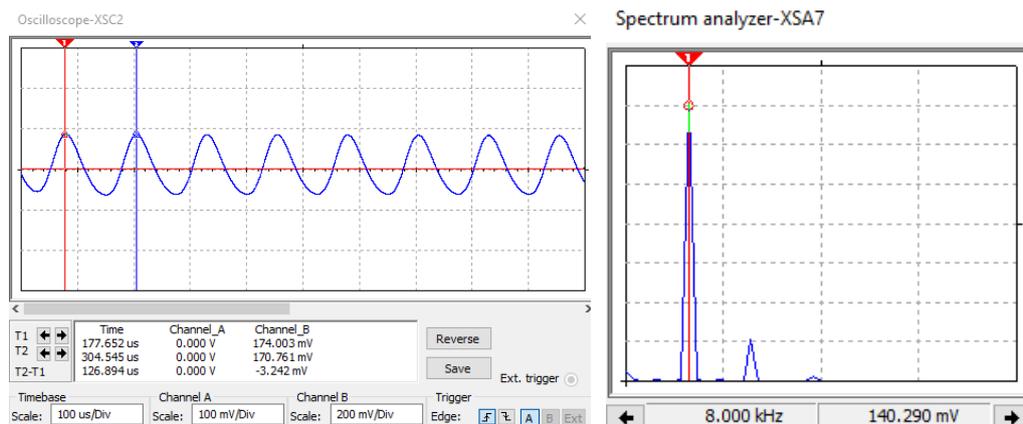


Рисунок 7 - Осциллограмма и спектр сигнала на выходе приемного устройства

Параметры сигнала на выходе приемного устройства (частота равная 8 кГц, форма – гармонический сигнал) соответствуют с точностью не менее 90% параметрам сигнала на входе передающего устройства, что демонстрирует работоспособность рассмотренной модели оборудования канала связи.

Предложенная методика исследования модели объекта профессиональной деятельности на примере оборудования аналогового канала связи с использованием программных средств (Multisim) может быть внедрена в учебный процесс специальности 25.05.03, что будет способствовать более глубокому формированию профессиональных компетенций у выпускников данной специальности.

### Список литературы:

1. Мерзляков В.И., Перевезенцев С.В., Плющев В.И. Организация канала передачи данных волномерного буя на базе автоматической идентификационной системы. - Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. Выпуск 43. – Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2015. – с.56-61
2. Мартынов Н.С., Гордяскина Т.В. Исследование нелинейных аналоговых радиотехнических цепей (амплитудных модуляторов) в программном пакете Multisim. // Великие реки 2019: Материалы международной научно-методической конференции. ФГБОУ ВО «ВГУВТ». – 2019. – URL: [http://вф-пека-море.рф/2019/PDF/9\\_5.pdf](http://вф-пека-море.рф/2019/PDF/9_5.pdf) (дата обращения 20.04.2022)
3. Панков Е.А., Гордяскина Т.В. Исследование нелинейных аналоговых радиотехнических цепей (амплитудных детекторов) в программном пакете Multisim. // Великие реки 2019: Материалы международной научно-методической конференции. ФГБОУ ВО «ВГУВТ». – 2019. – URL: [http://вф-пека-море.рф/2019/PDF/9\\_6.pdf](http://вф-пека-море.рф/2019/PDF/9_6.pdf) (дата обращения 20.04.2022)

## RESEARCH OF GMDSS EQUIPMENT BLOCKS ON THE EXAMPLE OF ANALOG PARAMETRIC CIRCUITS IN THE MULTISIM SOFTWARE PACKAGE

Anton M. Maltsev, Andrey A. Krit, Tatyana V. Gordyaskina

*Abstract.* The paper investigates a model of the equipment of an analog radio communication channel that provides the process of creating, transmitting and receiving a single-tone amplitude-modulated signal in the Multisim software package.

*Keywords:* modulated signal, nonlinear element, bandpass filter, intermediate frequency, detector, control signal.

